



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Patentschrift**  
(10) **DE 198 48 033 C 1**

(5) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 21 D 1/06**  
C 21 D 1/34

(21) Aktenzeichen: 198 48 033.4-24  
(22) Anmeldetag: 17. 10. 1998  
(43) Offenlegungstag: -  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 5. 1. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

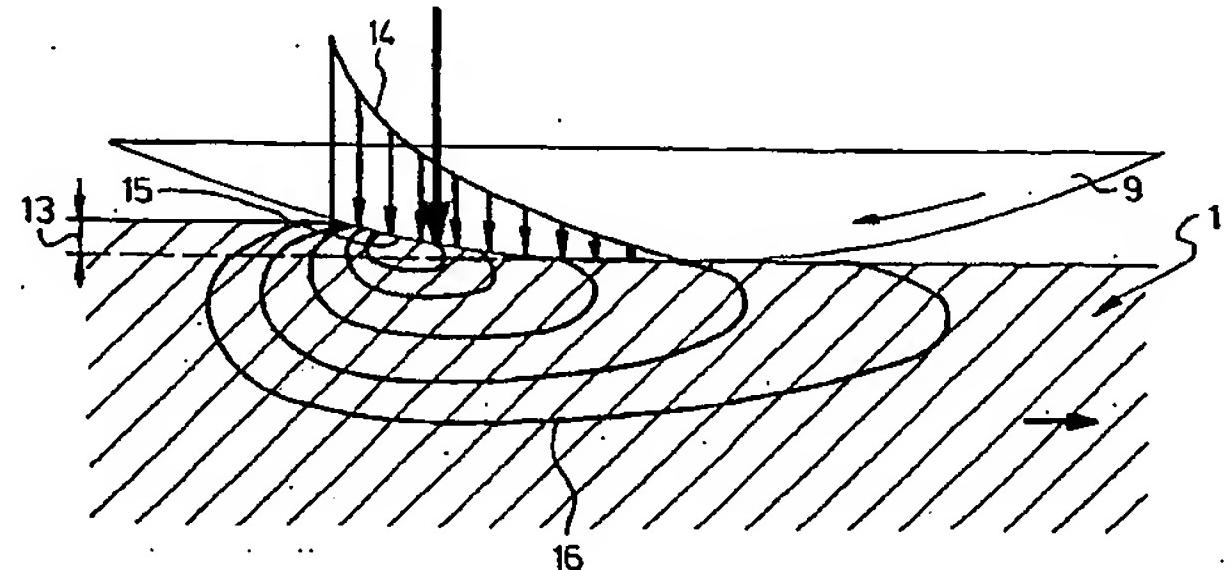
Dahlmanns, Frank, 52080 Aachen, DE; Dertinger, Werner, 75446 Wiernsheim, DE; Brinksmeier, Ekkard, Prof.Dr., 28213 Bremen, DE; Kubin, Michael, 27412 Wilstedt, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 8 80 446  
BRINKSMEIER, E., BROCKHOFF, T.: Randschicht durch Schleifen. In: HTM, 1994, Heft 5, S.327-330/S.328, 329 u. 330, Bild 7

(54) Vorrichtung zur Randschichthärtung von Werkstücken

(57) Es wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Randschichthärtung von Werkstücken (1) mit Hilfe von Wärme vorgeschlagen, bei dem der Fertigungsaufwand deutlich reduziert und eine bessere Maßhaltigkeit der Werkstücke (1) möglich ist. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß die zur Härtung erforderliche Prozeßwärme thermomechanisch durch eine Schleifscheibe (9) erzeugt wird.



DE 198 48 033 C 1

DE 198 48 033 C 1

BEST AVAILABLE COPY

# DE 198 48 033 C 1

1

## Beschreibung

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Randstückhärtung von Werkstücken nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Randschichthärtung von Stahl wird beispielsweise durch Erwärmung mit anschließender Abkühlung durchgeführt. Bekannte Verfahren zur Randschichthärtung von Werkstücken bringen die notwendige Prozeßwärme durch elektromagnetische Induktion oder durch Lasereinstrahlung in die zu härtende Randschicht ein. Während der Erwärmung des Material verzieht sich dieses häufig, so daß anschließend eine Nachbearbeitung am gehärteten Werkstück zur Wiederherstellung der Maßhaltigkeit erforderlich ist.

Weiterhin ist bei diesen Herstellungsverfahren das Umspannen des Werkstücks zwischen der Weichbearbeitung und der Hartbearbeitung nach dem Härteln notwendig, wodurch sich wiederum Fehler in der Maßhaltigkeit ergeben können.

Aus der DE-Patentschrift 8 80 446 ist bereits bekannt, zum Härteln der Oberfläche von Werkstücken die beim Schleifen mit Schleifscheiben erzeugte Reibungswärme auszunutzen.

In dem Aufsatz in H'IM 49 (1994) 5, Seite 327 bis 330, wird ebenfalls ein Verfahren zum Härteln von Werkstücken beschrieben, bei dem die durch die Schleifscheibe erzeugte Reibungswärme zum Härteln genutzt wird. Dieses als "Schleifhärten" bezeichnete Härtungsverfahren erfolgt zweistufig, wobei zunächst in einem sog. Schruppvorgang die Phasenumwandlung induziert und in einem nachgeschalteten Schlichtprozeß die erforderliche Form- und Oberflächengüte des Werkstücks eingestellt wird.

### Vorteile der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Schleifhärten zu schaffen, mit der die Fehlerquellen bezüglich der Maßhaltigkeit reduziert werden.

Diese Aufgabe wird ausgehend von den Verfahren zur Randschichthärtung der einleitend genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Weiterhin ist es mit Hilfe der Erfindung möglich, die Weichbearbeitung sowie die Hart- bzw. Fertigbearbeitung durchzuführen, ohne daß die Einspannung des Werkstücks geändert wird. Dies kann dadurch bewerkstelligt werden, daß die Weichbearbeitung und die Fertigbearbeitung auf der gleichen Maschine vorgenommen oder beispielsweise das Werkstück mitsamt dem Spannfutter zwischen zwei Maschinen gewechselt wird.

Eine vorteilhafte Ausführungsform besteht darin, kein selbstschärfendes Schleifwerkzeug zu verwenden. Hierdurch wird die bei der Bearbeitung entstehende Wärme erhöht, da der Anteil an Reibungswärme erhöht wird.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird zudem darauf geachtet, das Schleifwerkzeug mit möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit auszubilden. Eine geringe Wärmeleitfähigkeit der Schleifscheibe verhindert den Wärmeabfluß über die Schleifscheibe und sorgt somit für eine höhere Temperatur am Bearbeitungsort. In einer besonderen Weiterbildung dieser Maßnahme wird eine kunstharzgebundene Schleifscheibe verwendet.

Vorteilhafterweise wird kein Kühlsmiermittel eingesetzt, wie dies üblicherweise bei der spanenden Metallverarbeitung der Fall ist, wodurch ein Wärmeabfluß durch das Kühlsmiermittel unterbunden wird.

Der Härtungsvorgang kann dabei weiter verbessert wer-

2

den, indem darauf geachtet wird, die entstehende Wärme in einen lokal eng eingeschränkten Bereich einzubringen. Die Wärme wird gewissermaßen unmittelbar in die härtende Randschichtzone fokussiert. Diese Voraussetzungen können beispielsweise dadurch angestrebt werden, daß die Bewegung des Werkstücks in Relation zur Schleifscheibe möglichst gering gehalten wird. Bevorzugt wird die Umfangsgeschwindigkeit des Werkstücks kleiner 0,15 m/min gewählt.

Weiterhin läßt sich dieser Effekt durch eine vergleichsweise niedrige Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe erhöhen. Es hat sich gezeigt, daß hierdurch ebenfalls eine erhöhte Wärmemenge im unmittelbaren Bearbeitungsbereich auftritt. Möglicherweise ist dies auf eine Reduzierung der Wärmeabfuhr durch die Schleifscheibe oder aber auch auf eine Erhöhung der Spantiefe während des Schleifvorgangs zurückzuführen. Bewährt haben sich die Umfangsgeschwindigkeiten der Schleifscheibe, die kleiner als 60 m/s sind.

Die Einhärtungstiefe hängt von der Zustelltiefe der Schleifscheibe ab, die der Tiefe des Materialabtrags entspricht. Um die für die Randschichthärtung gewünschten Ergebnisse zu erzielen, hat sich eine Zustellung von kleiner als 1 mm, beispielsweise 0,5 mm bewährt. Die Zustellgeschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit, mit der sich die Schleifscheibe auf den zu bearbeitenden Enddurchmesser bewegt, wird hierbei möglichst hoch, bevorzugt größer als 12 mm/min eingestellt.

Dies hat insbesondere beim sogenannten Tiefschleifen, d. h. bei einem Schleifvorgang, in dem mit einem einmaligen Abtrag über die Zustelltiefe der Schleifscheibe alles gewünschte Material entfernt wird, den Vorteil, daß die hierbei entstehende Überlappungszone kleiner ist.

Die Schleifscheibe wird hierbei in einer bestimmten Winkelposition auf das Werkstück aufgebracht und nach einer Drehung des Werkstücks um im wesentlichen 360° wieder abgehoben. Die genannte Überlappungszone bildet sich in dem Bereich, in dem die Schleifscheibe auf das Werkstück aufgebracht bzw. von diesem abgezogen wird. Es hat sich gezeigt, daß diese Überlappungszonen keine Schwachstelle der gehärteten Schicht darstellen.

Das Härtungsverfahren wird hauptsächlich bei kohlenstoffhaltigem Stahl angewandt. Grundsätzlich ist es jedoch bei allen Materialien verwendbar, die durch Wärmeeintrag eine Aushärtung ermöglichen. Insbesondere gilt dies auch für derzeit noch nicht bekannte, zukünftige Materialien.

Eine Steigerung der härtenden Wirkung des Verfahrens wird vorteilhafterweise dadurch erreicht, daß das Material des Werkstücks eine seine Karbidverteilung aufweist. Dies kann problemlos durch eine vorhergehende Vergütung, beispielsweise in einem Ofen, erreicht werden. Diese Vergütung kann im Schüttgut oder bereits im Ausgangsmaterial vor der Weichbearbeitung vorgenommen werden.

### Ausführungsbeispiel

55 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

Im einzelnen zeigen

Fig. 1 ein schematisches Diagramm zur Gegenüberstellung eines Herstellungsverfahrens nach dem Stand der Technik gegenüber der Erfindung.

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Produktionsanlage,

Fig. 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Wärmeverteilung in der Randschicht während der Härtung,

Fig. 4 eine schematische Darstellung zur Veranschaulichung der Überlappungszone der Wärmebeeinflussung und

Fig. 5 ein Diagramm zur Darstellung der Abhängigkeit

der Einhärtung von verschiedenen Parametern.

Fig. 1 veranschaulicht die Randschichthärtung an einem Werkstück 1, das in einem bestimmten Umfangsbereich 2 gehärtet werden soll.

Nach herkömmlicher Fertigung geschieht dies zunächst in Form einer Weichbearbeitung 3 und anschließendem Transport 4 zu einer Wärmebehandlungsanlage 5. Dort werden die entsprechenden Randschichten 2, z. B. mit einem Laser oder induktiv erwärmt und anschließend in einem kalten Medium abgeschreckt. Danach werden die Werkstücke in einem weiteren Transport 6 zu einer Fertigbearbeitungsanlage 7 gebracht.

Im Unterschied hierzu wird bei einer erfindungsgemäßen Produktionsfolge nach der Weichbearbeitung auf einer Weichbearbeitungsanlage 3 gegebenenfalls nach einem Transport 4 der Werkstücke 1 zu einer von der Weichbearbeitungsanlage 3 verschiedenen Fertigbearbeitungsanlage 7 die Fertigbearbeitung vorgenommen, wobei während der Fertigbearbeitung zugleich die Randschichthärtung durchgeführt wird.

Die Weichbearbeitung und Fertigbearbeitung kann auch an ein und derselben Anlage vorgenommen werden, wodurch zusätzlich der Transport 4 entfällt. Insbesondere kann das Werkstück 1 hierbei in derselben Anlage eingespannt verbleiben, wie während der Weichbearbeitung 3.

Fig. 2 zeigt ein Werkstück 1 eingespannt in einem Spannfutter 8 einer Fertigbearbeitungsanlage 7, in der zugleich die Randschichthärtung durchgeführt wird.

Eine Schleifscheibe 9, die um ihre Achse 10 rotiert, ist in Richtung des Pfeils 7 zu dem Werkstück 1 hin verfahrbar. Mit der Schleifscheibe 9 wird durch die beim Schleifen entstehende Wärme neben der Fertigbearbeitung zugleich die Randschichthärtung vorgenommen.

Eine Abrichteinheit 11 mit einer Diamantrolle 12 dient dazu, die Schleifscheibe 9 bei entsprechenden Verschleißerscheinungen nachzuarbeiten, und eine für den Schleif-Härt-Vorgang günstige, feine Oberflächenstruktur der Schleifscheibe herzustellen.

In Fig. 3 ist in vergrößerter Darstellung erkennbar, wie die Schleifscheibe 9 mit einer Zustellfläche 13 auf das Werkstück 1 aufgebracht wird. Durch den Materialabtrag sowie die dabei vorhandene Reibung entsteht eine Wärme entsprechend der als Diagramm in Fig. 3 eingezeichneten Wärmeverteilung 14. Durch die Wärmeverteilung des Werkstückes 1 ergibt sich ein Wärmestrom ausgehend von der unmittelbaren Bearbeitungszone 15, der durch Isothermen 16 dargestellt ist. Durch geeignete Einstellung der Prozeßparameter läßt sich in der Bearbeitungszone 15 eine ausreichende Wärmemenge erzeugen, um eine Randschichthärtung mit gewünschter Qualität zu erhalten.

Das Diagramm gemäß Fig. 4 dient zur Veranschaulichung der Wärmeeinflußzone 17, wie sie durch die vorbeschriebenen Bearbeitungsschritte erzeugt wird.

Die Schleifscheibe 9 wurde hierbei zu Beginn der Bearbeitung in der Überlappungszone 18 der Wärmeeinflusssung an das Werkstück 1 gebracht. Das Werkstück 1 hat sich mit der Werkstückumfangsgeschwindigkeit Vw um ca. 360° gedreht, während die Bearbeitung in Richtung der Pfeile P entlang dem Umfang des Werkstückes 1 vorgenommen wurde. Nachdem die Wärmeeinflußzone 17 wieder im Bereich der Schleifscheibe 9 angekommen war, wobei sich die Überlappungszone 18 ergab, wurde die Schleifscheibe 9 vom Werkstück 1 abgehoben.

Der äußere Rand der schraffierten Ringfläche stellt somit die erzeugte, gehärtete Oberfläche 19 dar. Der schraffierte markierte Ring zeigt die Wärmeeinflußzone 17. Die Überlappungszone 18 hat nach bisherigen Erkenntnissen keinen negativen Einfluß auf die Güte der Werkstücke 1.

In Fig. 5 ist die Abhängigkeit der Einhärtungstiefe Rh von der Umfangsgeschwindigkeit Vw des Werkstücks und dem Maß der Zustellung, d. h. der Zustellungstiefe, erkennbar.

Die Zustellungstiefe der Schleifscheibe beeinflußt unmittelbar das Maß des Materialabtrags und somit auch der beim Schleifen entstehenden Wärmeentwicklung. Die Umfangsgeschwindigkeit Vw des Werkstücks spiegelt gewissermaßen die Einwirkdauer der Schleifscheibe am jeweiligen Bearbeitungsort wider.

Anhand des Diagramms gemäß Fig. 5 ist erkennbar, daß die Einhärtungstiefe sowohl mit wachsender Zustellungstiefe als auch mit geringeren Umfangsgeschwindigkeiten anwächst.

Die dargestellten Ergebnisse wurden mit einer konstanten Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe 9 vorgenommen. Diese sogenannte Schnittgeschwindigkeit stellt einen weiteren Parameter zur Beeinflussung der Güte der Randschichthärtung dar.

20

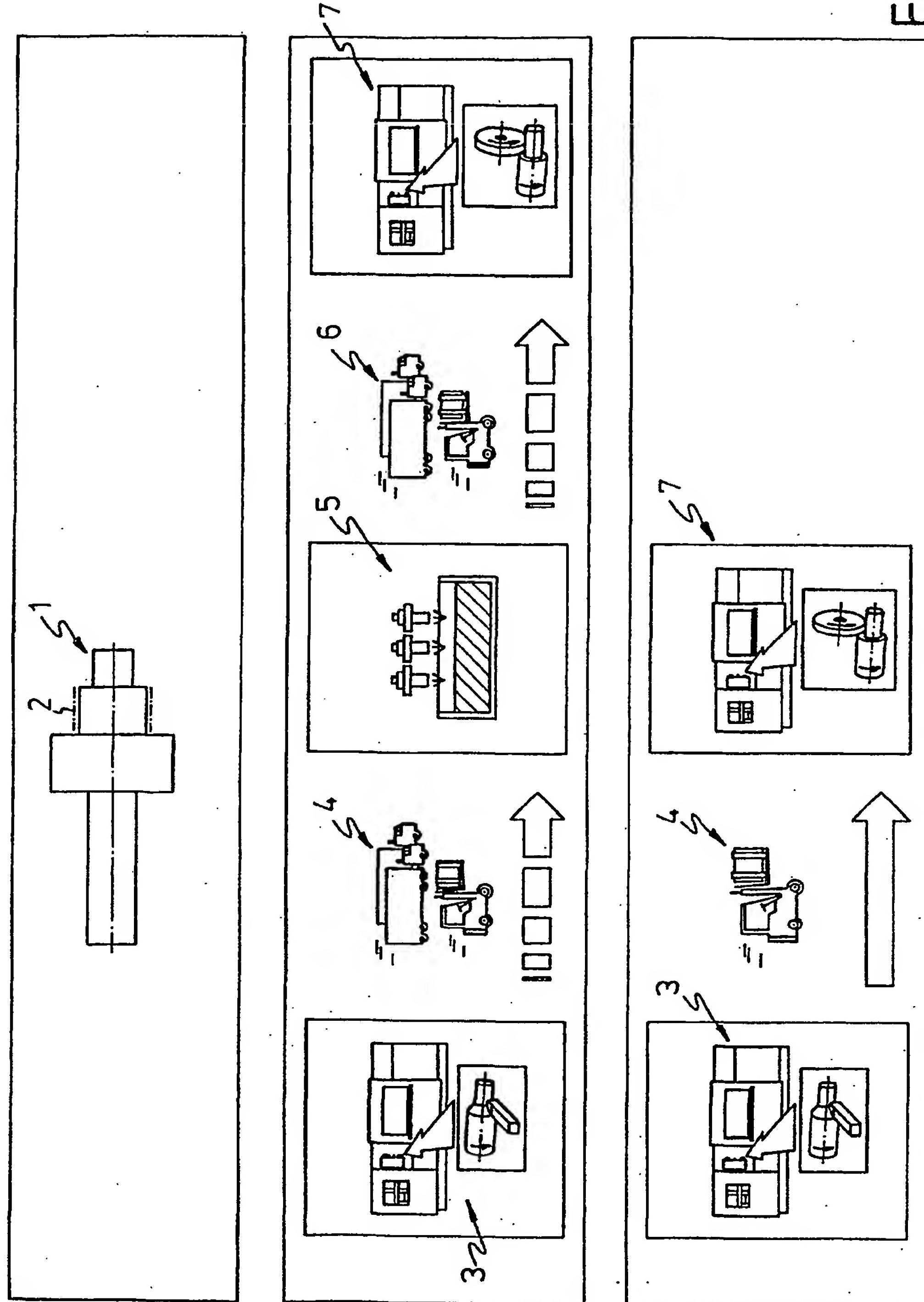
#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Randschichthärtung von Werkstücken mit einem Schleifwerkzeug, wobei mit dem Schleifwerkzeug die für die Härtung notwendige Prozeßwärme mechanisch erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstückumfangsgeschwindigkeit auf kleiner als 1 m/min und die Umfangsgeschwindigkeit der Schleifscheibe auf kleiner als 60 m/s eingestellt sind und daß das Produkt aus der Zustelltiefe und der Werkstückumfangsgeschwindigkeit kleiner als 10 mm<sup>3</sup>/mm sec ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleifwerkzeug (9) nicht selbstschärfend ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleifwerkzeug (9) eine gegenüber dem Material des Werkstücks (1) geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist.
4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleifwerkzeug (9) ohne Kühlsmiermittel zu betreiben ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleifwerkzeug (9) eine rotierbare Schleifscheibe umfaßt.
6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustellgeschwindigkeit der Schleifscheibe (9) größer als 12 mm/min ist.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1



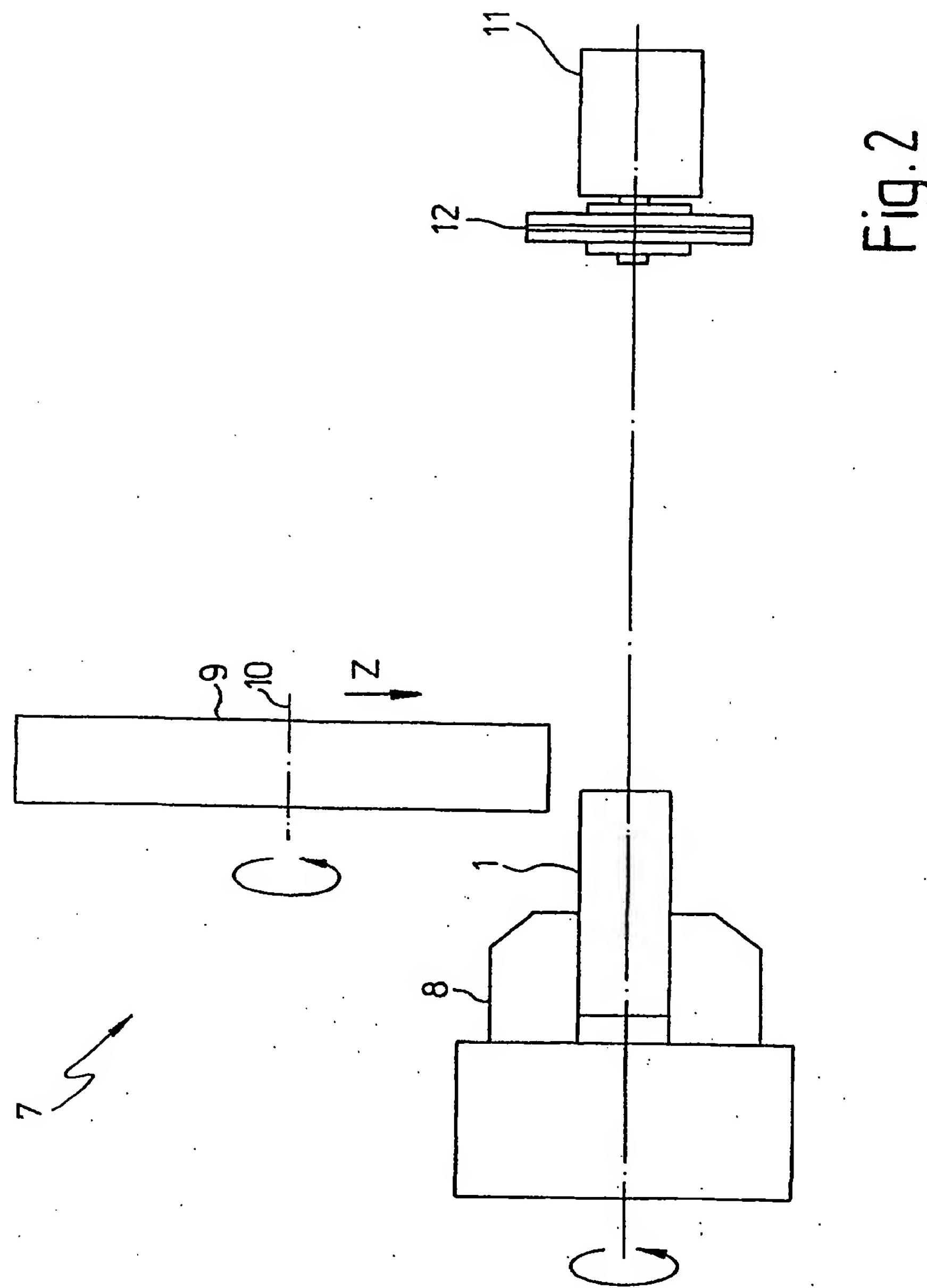


Fig. 2

Fig. 3

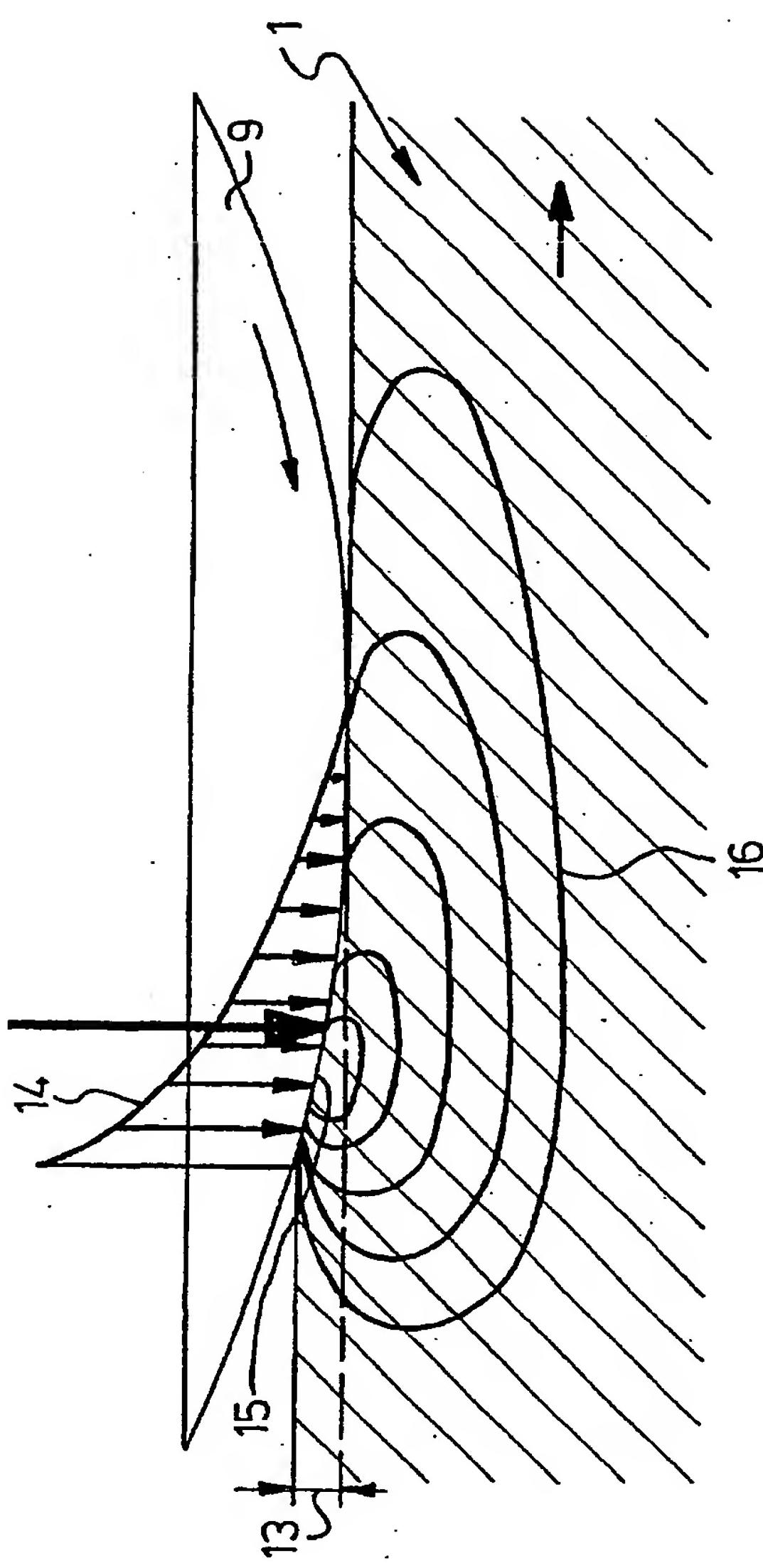
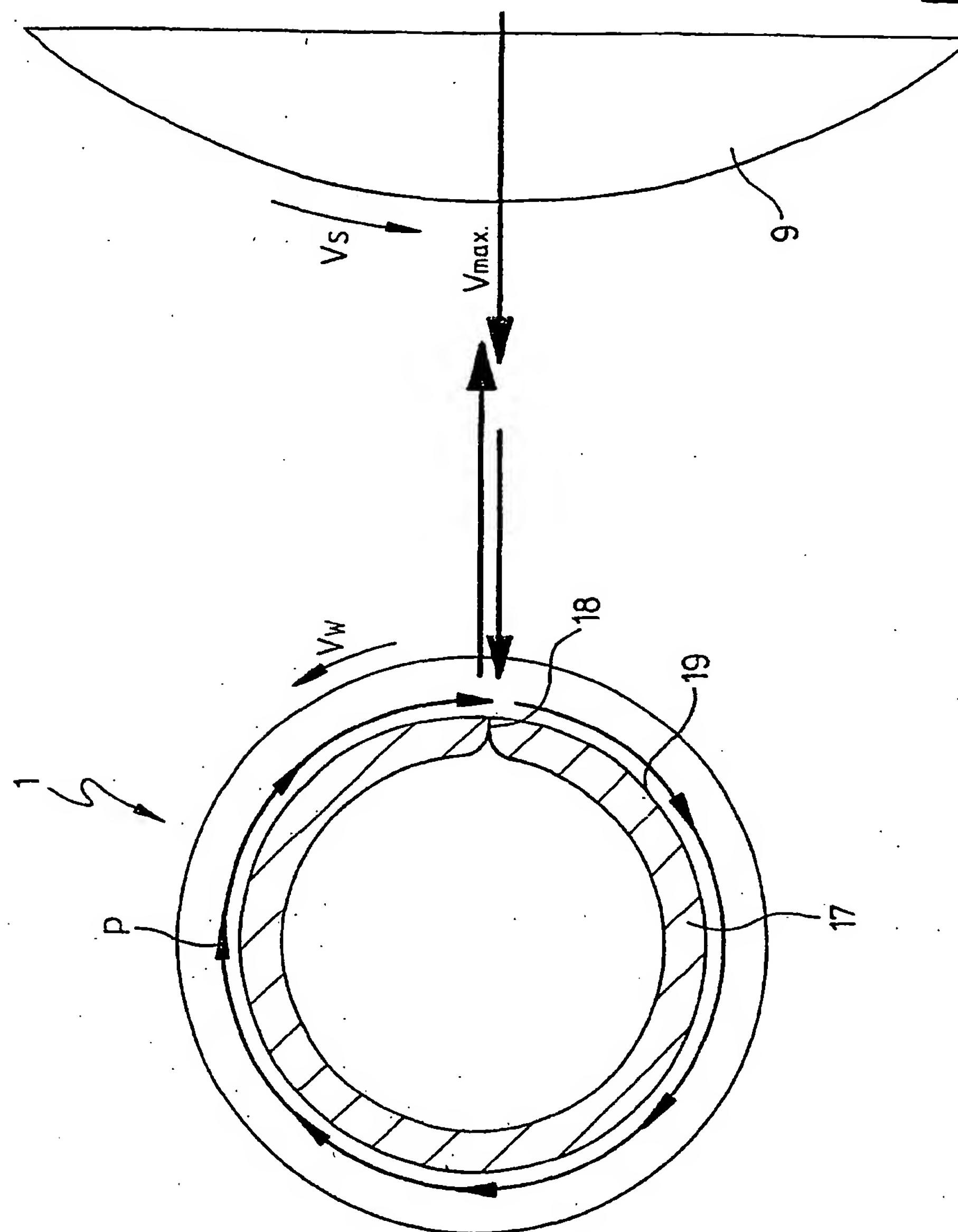


Fig. 4



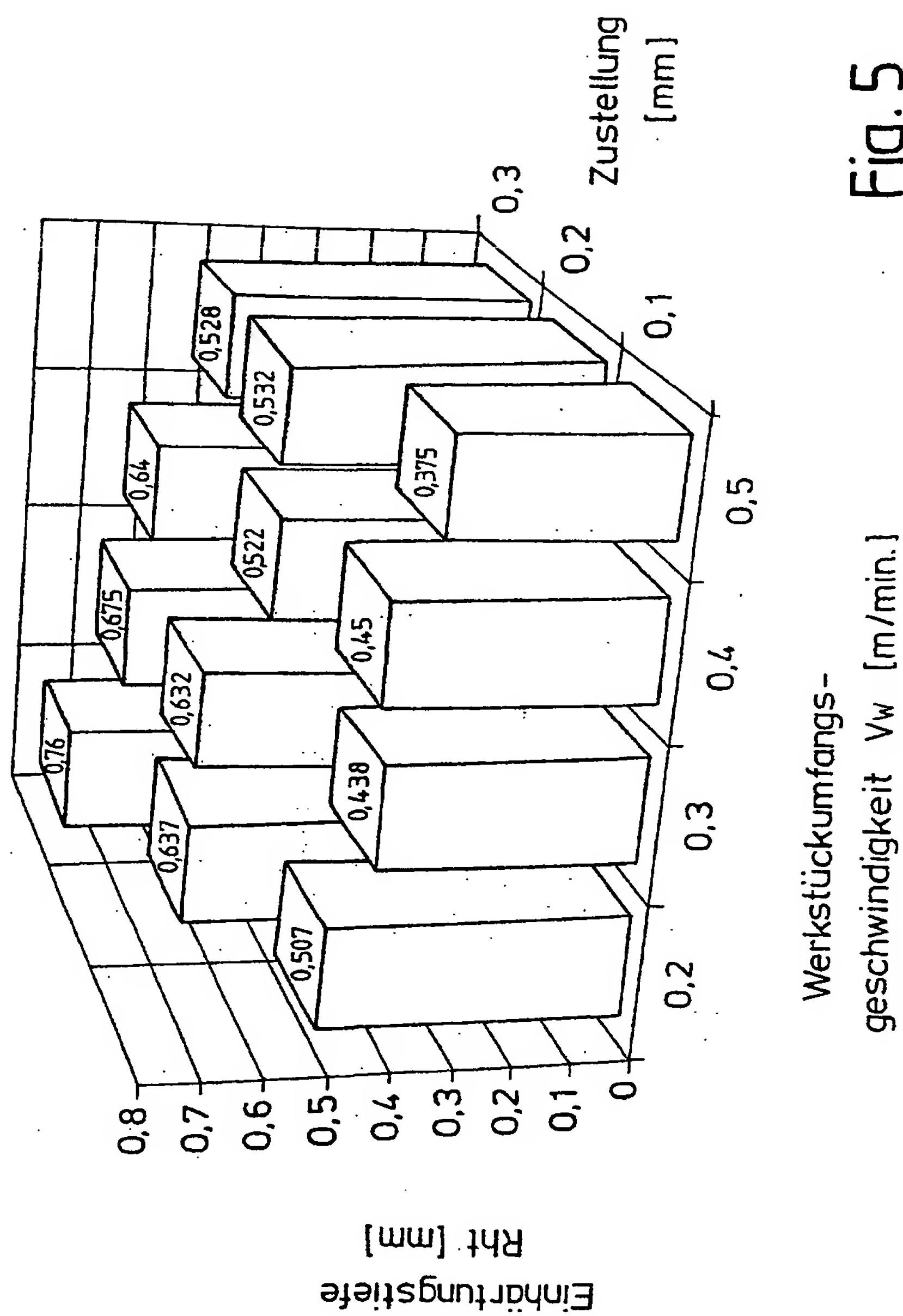


Fig. 5